談農田灌溉用水所面臨之問題

◎農試所農工系　姚銘輝

一、前　言

我國屬海洋性亞熱帶氣候，年平均雨量高達2,500公厘以上，為世界年平均雨量970公厘的2.7倍。然而受限於地形和季節因素，使河流短促且降雨型態不平均，多數雨水逕流入海，在豐水期的逕流量高達85%以上，使得實際利用率偏低。為維持穩定供水，興建水庫可對枯豐水期的需水作適當調節，但我國的地質不宜興建水庫，由於容易淤沙而使水庫壽命不長，不但經濟效益不高，且對整體環境的衝擊也不容忽視，近年來對水庫興建更因政治力介入，而使壩址的選定更形複雜。

根據經濟部水資源局的資料(表一)，民國八十六年全國用水量為180億立方公尺，其中農業用水佔74.9%，預估至民國一百年，總用水量為200億立方公尺，農業用水減少至66.34%，民生及工業則明顯增加，分

表一、台灣地區水源利用情形　　單位：億立方公尺(%)

項目\年度	民國86年	民國100年(預估值)
農業用水	135.1(74.9)	132.7(66.3)
生活用水	29.1(16.2)	42.4(21.2)
工業用水	16.1(9.0)	24.9(12.5)
總用水量	180.3(100)	200.0(100)

資料來源：經濟部水資源局，1999年。

表二、農業各部門之用水量　　單位：百萬立方公尺(%)

部門別	地面水用水量	地下水用水量	總用水量
水稻	6058.6(44.6)	2339.8(17.2)	8398.3(61.9)
其他作用	1724.9(12.7)	666.2(4.9)	2391.2(17.6)
畜牧	98.6(0.7)	98.6(0.7)	197.2(1.5)
林業	0.0(0.0)	0.0(0.0)	0.0(0.0)
養殖	1291.7(9.5)	1291.7(9.5)	2583.3(19.0)
總計	9173.8(67.6)	4396.3(32.4)	13570.1(100)

資料來源：台灣經濟研究院，1999年。

作者：姚助理研究員銘輝
聯絡電話：(04)3302301轉709

別爲21.21%及12.45%。農業用水包括灌溉用水，畜牧用水及養殖用水，其中水稻田灌溉用水佔84億立方公尺(表二)，約爲全部農業用水量的五分之三強，由此可知灌溉用水在水資源利用上的重要性。

台灣地區農業用水自1991年起，總可用水量逐年減少，其中以灌溉用水減少最多，主要原因是乾旱缺水，尤其是一期作插秧期無法提供充足水源最爲常見，因此推行休耕轉作減少用水，以及灌溉水移作其他用途。以嘉南農田水利會爲例，自1992年全年的實際用水僅及計劃用水的70%不到，而被移用的農業用水在五千萬立方公尺以上，由此可知，農業用水本身已呈現不足，而在遭逢缺水的情形下，又常需將原本已不敷使用的灌溉用水移作他用，更加劇農業的缺水現象，而不得不以休耕因應，1994年嘉南農田水利會所轄地區，因缺水而導致休耕面積達二萬公頃。因此，就農業用水而言，絕非外界想像中的充裕。

二、農業灌溉用水之功能

農業灌溉用水一般認爲具有「三生」功能，除具有生產稻米，提供糧食的生產機能外，尚有生態性及生活性機能。

㈠生態性機能

1. 水田對地表逕流調節的功能：在暴雨洪水來臨時，水田即成爲天然滯洪池，具有調蓄洪水的功能，減低下游排水的尖峰流量，並且延遲洪峰到達的時間，如果水田湛水深爲5公分，最大蓄水深度若爲25公分，即有20公分蓄洪空間，依此計算則每公頃水稻田約有2,000立方公尺之調蓄洪水的容量。
2. 調節氣溫的功能：水稻田的存在可以吸收熱量，維持氣溫的穩定。水稻植株的蒸發散，只有5%用於生長，其餘95%是以水蒸氣由氣孔排出，根據學者估算若水稻田蒸發散一公升水分消耗空氣中540千卡的熱能，而1噸冷氣機之散熱以3千卡/小時換算，則每公頃水稻田之散熱約相當於500噸之冷氣機，對涼化炎熱環境有所助益。

㈡生活性機能

1. 水質淨化機能：水田中之水經由土壤滲入成爲地下水，水中浮游物質可在滲透過程中被土壤過濾，而一些污染物如磷酸離子亦經土壤交換及吸收而去除，依據估算農田土壤中微生物之分解能力，相當於一個400立方公尺的活性碳淨化曝氣池的效果。
2. 改善農村生活環境衛生：水田湛田可減少蚊蟲孳生，減少農村地區流行病發生及傳染，對改善衛生有幫助。

三、農業用水所面臨之挑戰

灌溉用水直接由河川取用者佔80%，水庫或埤池供水佔10%，其餘10%分別爲地面回歸水及地下水。農田灌溉用水量有其時間性與地區性的差異，灌溉用水使用的尖峰集中在整田及插秧時期，其餘時期僅在維持地面湛水，用水量較少。由於我國二期作與翌年一期作間之冬季屬於旱季，河道乾枯及水庫蓄水量不足情形下，若2、3月春雨不足時，則乾旱缺水壓力即顯現。二期作因颱風所帶來豐沛雨量，所面臨的農業氣象災害反而爲水害。因而降雨分佈在時間上的差異，導致用水分配上的困難及供給水源系統的不

同。以抽取地下水提供灌溉爲例，第一期作抽取量約爲第二期作1.5～3.0倍之間。因此面臨缺水壓力大多集中在一期作，但就水稻生產而言，一期作產量往往高過於二期作，加上一期作生育環境較難進行轉作，例如春作玉米病蟲害嚴重，加上若梅雨雨勢過大容易倒伏，而影響收成。

氣候變遷對水資源的影響評估有相當多研究報告，基本上認爲，溫室效應使溫度昇高而加速水文循環，改變降水的分佈，影響逕流的大小和時間，及淹水和乾旱的強度和頻度。依據研究，全球大部分地區淡水水資源在氣候變遷的預估下都呈枯竭的情形。依據童(1997)以大甲溪爲例的研究發現，未來2倍CO_2時，我國雨量增加4%，但豐水期增加7%，枯水期卻減少3%，由此可知，未來降雨呈極端化，豐水期(夏季)雨量增多，逕流增大，對農作物造成降水傷害，枯水期(冬季)則降雨日數減少，溫度昇高結果加速蒸發散，使水資源更形緊縮。

就水資源的分配而言，根據我國水利法第二條規定，水爲天然資源，屬國家所有，不因人民取得土地所有權而受影響。同時第十八條也規定，各用水標的的順序依次爲家用及公共給水、農業用水、水力用水、工業用水、水運與其他用途。因此農田灌溉用水屬國家所有而非私人，並且除提供民生用水外，在水資源分配上，以農業用水爲先。但是工業用水的經濟產值高出農業用水甚多，農業水權在水田面積減少，產值萎縮的趨勢下，不僅需提供其他用水標的使用外，更面臨未來必須逐步釋出水權的壓力。

農地大量釋出，灌溉面積減少，似乎農業灌溉用水應有剩餘，但事實上，由於缺乏整體規劃，休耕區域十分零星，灌溉區四處分散，不但破壞原先的灌溉系統，更增加田間營運之管理費用與用水量。另一方面，由於目前都市及工業區不斷擴展，水質受都市污水及工業廢水排放之污染，灌溉用水需要更多量水源稀釋污水，才能維持正常的農業生產。

四、農業水資源有效利用之因應對策

供水緊縮而用水擴大，基於用水成本的經濟因素考量，如何由水權分配方式的調整來提高用水效率，已成爲各界廣泛討論的議題，包括不同標的用水的移用補償、水權費的徵收及水權交易等方案。其中較具爭議性爲水權費的開徵，徵收意義可分爲二項，一爲水利工程建設所需經費的來源，包括大型水庫與灌溉溝渠的建設經費與營運維護，另一項則是反映水資源稀少性與環境機會成本。積極意義是透過價格誘因促使提高用水效率，達到節約用水的目的。當然，前提必須在每一田區裝置量水設備，由流量作爲徵稅的依據。不過，水權費的徵收在執行上受許多非經濟因素的影響而難以推動，以灌溉用水爲例，用水量大並且產值偏低，農民可能因無法負擔水權費而抗爭拒繳，或濫抽地下水而增加社會邊際成本。 因此在節約水資源的前提下，開徵水權費有其必要性，但需有配套措施以減少對農民的衝擊。

在我國水稻灌溉有續灌與輪灌兩種。續灌是指用水過程中，田間經常保持適當的水深，用水漫無限制；另外一種爲輪灌，分別依時、依地及依序供水，其用水量較續灌節省25%以上，因此除鼓勵輪灌外，田區灌溉系統的規劃應以棋盤式爲佳，目前大多灌溉溝渠爲單一方向，田區有水田和旱作雜作時，回歸水的利用效率偏低，棋盤式設計則

每一水田四面鄰近田區皆可充分利用回流水，提高用水效率。

究竟一塊田區在水稻生育期間需要多少水？這個問題到目前爲止仍沒有答案，過去研究都以模式估算，例如利用作物微氣象變化或氣候資料相關關係式來估算作物需水量，但大多以旱作物爲主。陳清田及甘俊二(1997)利用氣候資料針對我國十個主要地區進行水稻需水量的估算工作，但所用Penman-Monteith估算法仍是以旱田作物所發展出來的模式，加上並沒有田間實測值，因此無法驗證。在探討水田需水量前應先瞭解消耗量，水稻田和旱田最大區別處在於田間湛水狀態，在水稻生育初期，水面湛水的蒸發現象佔整體蒸發散量大部份，但隨著植株生長，葉面積增大，整個群落(Canopy)覆蓋地表，此時水分的消耗以葉片蒸散作用爲主，由於蒸發和蒸散在估算上並不相同，因此水稻生育過程中葉片蒸散及地表蒸發應加以區分，並且量化所消耗的水汽量，這樣對水稻田需水量才能有精確的估算。

此外，水質污染問題是水資源管理的一大隱憂。例如部份工廠將廢水排入開放式的灌溉用水渠道中，藉以規避環保稽查，導致水質惡化需用更多的水稀釋，因此灌溉面積雖然減少，但仍需保留大量用水以維持灌溉品質。這部分除環保單位進行取締外，規劃水稻栽培區作整體性水質監控，否則以目前水田和工廠或住家雜置在同一土地上的情形，要做嚴格管制恐怕是窒礙難行。而水稻田本身也應避免爲污染產生源，例如肥料或農藥應做精準利用，使農田排水污染量降至最低。

五、結　論

台灣地區各標的用水量不斷增加，全球氣候變遷的現象逐漸明顯，水庫興建日趨困難，地下水超限使用以及水資源遭受污染等問題，都直接威脅水資源的供需的平衡。經濟部水資源局規劃以總用水量150億立方公尺，作爲未來之計劃用水量範圍，農業部門需自行因應農業生產結構而調配各灌溉區之用水。因應對策乃是提高水權管理效率，各用水標的能精準估算用水量及節水措施的研擬與執行，方能在有限的資源中作有效的使用。

過去我國經濟以農業生產爲主，在水資源運用上，農業部門有優先權，但隨著時代變遷後生產結構的改變，傳統農業遭受最多批評之處，在於使用了與產值不成比例的自然資源，包括土地及水資源。因此，未來農業生產需能精準利用有限的自然資源，以杜絕外界的質疑。目前水田需水量常用模式去估算，缺乏實際測值，尤其是使用旱田的蒸發散模式更容易錯估水田的實際蒸發散值，因此當務之急，應針對水稻田每一生育期實際耗水進行測量，才能對需水量提出正確數據，並且透過水田所研發之蒸散量模式，依據氣象資料對大面積區域進行估算，才能對水資源作精準分配及使用。

參考文獻

1.陳清田、甘俊二。1997。台灣地域性作物需水量之推估研究。農業工程學報。43：1-18。

2.童慶斌。1997。氣候變遷對大甲溪上游河川流量之衝擊。台灣水利季刊。45：64-70。